다목적 공간의 소음 및 실내음향 제어

Noise and Rooms Acoustic Control in Multi-Purpose Space

정정호†·김정중*·조창근**

Jeong Ho Jeong, Jung Joong Kim and Chang Geun Cho

Key Words : Multi-Purpose Space(다목적 공간), Floor Impact Sound(바닥충격음), Room Acoustics(실내음향)

ABSTRACT

다목적 공간 및 공연장은 공연 또는 강연을 위한 공간뿐만 아니라 상점, 식당 및 체육 공간 등 다양한 용도의 공간이 인접되고 있다. 다양한 공간이 인접할 경우 기존의 다목적 공연장에서는 발생하지 않았던 다양한 소음 진동 문제들이 발생한다. 본 연구는 강연 및 공연을 위한 다목적 공간 상부에 식당 및 체육 시설로 활용되는 공간이 배치되어 바닥충격음 문제가 발생할 가능성이 있었다. 바닥충격음의 강당으로의 전달을 차단하기 위하여 기본 구조체에 대한 바닥충격음 차단성능을 측정하여 적절한 저감 대책을 수립하였다. 저감대책으로는 상층부 철골 슬래브와 강당의 철골 구조의 구조적 분리, 유연한 마감재 적용, 슬래브로의 충격진동 차단을 위한 제진재 적용, 이중천장 구조 및 천장내부 흡음구조 형성 등의 종합적인 대책을 수립하였다. 이를 통해 경량충격음 및 중량충격음을 효율적으로 차단하였다. 또한 강당 공간은 강연 및 집회의 공간으로 활용될 수 있도록 하기 위하여 적절한 잔향시간 및 음성 명료도 확보가 필요하다. 플러터 에코, 과도한 잔향시간, 음의 사각지대 등을 최소화하기 위하여 측벽 형태 개선, 천장 반사판 형태를 개선하였다. 또한 측벽에서 진동 등의 영향으로 발생되는 떨림현상을 억제하기 위하여 측벽 내부를 흡음재로 충전하는 등의 대책을 수립하여 적용하였다.

1. 서 론

다목적 공간 및 공연장의 경우 공연, 집회 및 음악회 등 당연한 용도로 사용되고 있다. 또한 최근의 다목적 공간은 강당 및 공연공간과 함께 체육시설, 상점, 식당 등 다양한 용도의 공간이 집적화되고 있다. 경계바닥 및 경계벽을 사이에 두고 사용 용도상 고소음 발생 공간이 인접하는 경우가 자주 발생되고 있어 다목적 공간의 소음제어에 대한 중요성이 부각되고 있다.

다목적 공간 및 공연장의 음향제어를 수행한 연구로는 대규모 경기장의 음향제어[1], 다목적 공연장의 평가를 위한 평가어휘에 대한 연구[2]가 수행되었다. 또한 다목적 홀의 음향설계에 스케일 모델을 활용한 연구[3]도 수행되었다. 그러나 다용도의 공간이 다목적 공연장과 인접한 경우에 발생되는 바닥충격음 등의 소음제어에 대한 연구는 부족한 실정이다. 본 연구에서는 실제 건설된 다목적 공간을 대상으로 설계에서 시공까지의 과정에서 실내음향 설계 및 소음 제어를 실시한 사례를 소개하고자 한다. 대상공간은 교육시설 내에 건설된 경우로 주요한 공간은 강당, 식당, 체육시설 등으로 구성된다. 주요한 공간인 강당의 용도는 공연, 영화상영, 각종 교육 행사 등에 다목적으로 활용된다. 강당상부는 식당과 무용 등 체육활동을 위한 실내 공간이 계획되어 있어 상부 공간에서 체육활동을 할 경우 발생되는 바닥충격음이 하부 강당공간에 전달되지 않도록 하였다. 또한 강당의 경우 공간의 용도별 규모별 실내음향 성능 기준에 부합하도록 음향재료, 형태 등을 고려하여 설계하였다.

† 정정호; 방재시험연구원
E-mail : jhjeong92@hanmail.net
Tel : (031)881-6010, Fax : (031) 884-8102

* (주)환경음향연구소

** 서일대학

2. 다목적 공간의 바닥충격음

다목적 공간 중 식당 및 체육시설 하부 슬래브를 통해 강당공간으로 전달되는 층간소음을 제어하기 위하여 바닥마감재는 유연하고 탄성이 있는 마감재를 시공하도록 하였다. 또한 슬래브 상부에서 슬래브 구조체로 전달되는 충격진동에너지를 최소화하기 위하여 진동 절연이 가능한 제진재를 150 ㎜ 슬래브 상부에 보강하도록 하였다. 대상 다목적 건물의 구조는 철골구조이었으며, 식당 및 체육시설에서 강당공간으로 전달되는 충격에너지를 최소화하기 위하여 상부층 슬래브와 하부 강당을 구조적으로 분리하였다. 또한 상부층 슬래브 하부에서 방

사되거나 반사되는 음 에너지를 저감하기 위하여 고밀도 흡음 뿜칠재를 적용하였다. 구조적으로 절연된 하부 강당공간의 천장은 상부층 슬래브 하부에서 방사되는 충격음 에너지를 충분히 차단할 수 있도록 이중 천장구조를 적용하였다. 천장마감재는 Fig. 1에서와 같이 각파이프로 구성된 천창틀 내부에 흡음재를 배치하고 합판, 차음시트 및 석고보드를 적층하여 천장 상부공간에서 방사되는 충격음 에너지를 효율적으로 차단할 수 있도록 하였다.

바닥충격음 차단구조 설계 시 기본 슬래브 구조체의 바닥충격음 차단성능 특성을 조사하기 나 슬래브 상태에서의 바닥충격음 차단성능을 측정하였다. 나 슬래브 상태의 바닥충격음 측정은 상부 식당 공간을 2개 구역으로 구분하여 가진 하였으며, 하부 공간에서의 측정은 바닥 슬래브에서 2 m 떨어진 공간 높이를 기준으로 실시하였다. Fig. 2는 상부층 슬래브와 구조적으로 절연시킨 하부 강당의 구조체가 시공된 모습이다. 바닥충격음 저감구조를 시공한 이후에는 하부 강당의 무대 및 객석 높이에서 바닥충격음을 측정하였다. 바닥충격음의 측정은 KS F 2810-1, 2[4,5]에 규정된 방법으로 측정하였으며, 실제 발생되는 충격음 특성을 비교하기 위하여 JIS A 1418-2[6]에 규정된 임팩트볼을 사용하여 측정하였다. 측정된 바닥충격음은 KS F 2863-1, 2[7,8]에 규정된 역A특성 바닥충격음 레벨로 평가하였다.

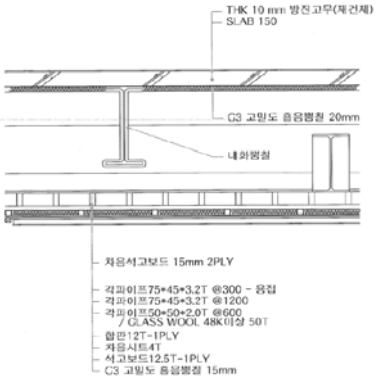

Fig. 1 Section detail of test slab

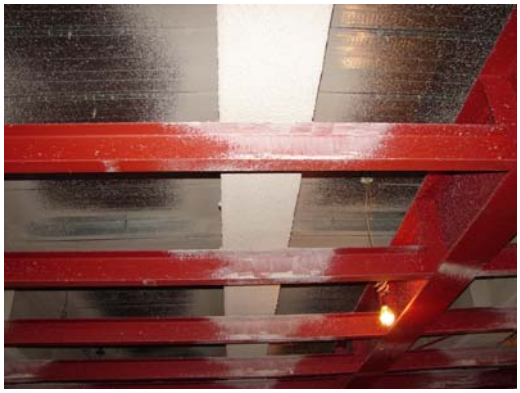

Fig. 2 Isolated steel structure

Fig. 3 Heavy weight impact

바닥 구조 시공 전후 바닥충격음 측정결과는 Fig 4 ~ 5와 같다. 바닥 마감구조 및 천장을 설치하지 않은 조건과 마감 및 천장구조가 모두 시공된 후에 측정한 결과를 같이 나타냈었다. Fig. 4의 경량충격음의 경우 나 슬래브 조건에서는 역A특성가중 규준화 바닥충격음 레벨($L'_{n,AW}$)이 각각 77, 75로 나타났으나 바닥마감구조, 이중천장 및 천장내부 흡음시공 등의 영향으로 39로 저감되는 것으로 나타났다.

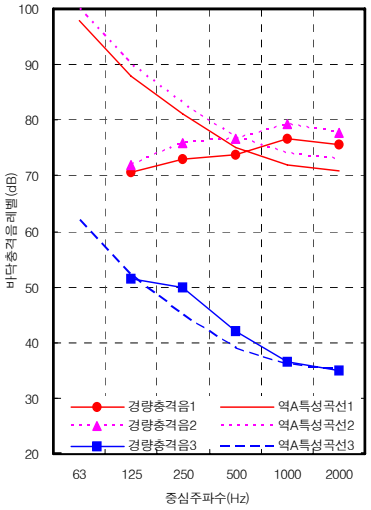

Fig. 4 Measurement results of light impact sound

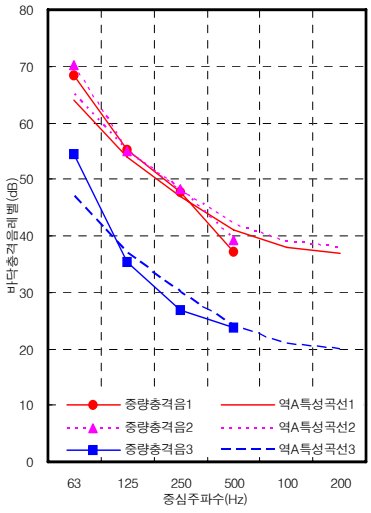

Fig. 5 Measurement results of heavy impact sound

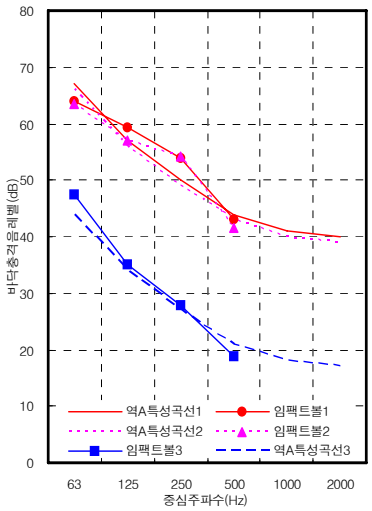

Fig. 6 Measurement results of impact ball sound

Fig. 5는 중량충격음 측정결과이다. 기본 슬래브 구조의 역A특성 가중 바닥충격음레벨은 41, 42로 측정되었다. 이는 일반적인 공동주택에서의 중량충격음 차단성능보다 낮은 수치로 스틸 구조가 절연되었고 슬래브 스팬이 상대적으로 크게 형성되어 슬래브의 공진주파수가 매우 낮기 때문으로 사료된다. 기본 슬래브 구조에 바닥충격음 저감구조 및 이중천장이 시공된 후의 중량충격음 레벨은 24로 저감되었으며, 중량충격음 저감을 위한 제진재 및 이중천장 등의 영향으로 판단된다.

임팩트볼 충격음 측정결과는 Fig. 6에 나타내었다. 기본 슬래브 구조의 임팩트볼 충격음 차단성능은 44, 43으로 나타났으며, 바닥충격음 차단구조 시공 후에는 21로 저감되었다. 중량충격음 저감량과 비교할 경우 임팩트볼로 측정할 경우의 저감량이 약 3 ~ 4 정도 더 크게 나타났다. 임팩트볼로 중량충격음을 측정할 경우 40 이상의 크기에서는 임팩트볼 레벨 값이 중량충격음 레벨보다 더 크게 나타나고 40 이하의 범위에서는 중량충격음레벨보다 낮게 나타나는 경향을 확인한 기존의 연구[9] 결과와 유사한 것으로 판단된다.

3. 실내음향제어

실내음향제어는 다목적 공연장으로 사용되는 강당을 대상으로 실시하였다. 대상 강당의 형태는 Fig. 7과 같은 horse shoe 형태를 갖는 공간이다. 실내음향 설계의 주요 검토내용으로는 강당의 형태 및 마감재를 검토하여 에코 및 음의 집중, 음 에너지가 전달되지 않는 공간의 유무 등 음향적 결함 발생 여부를 음향시뮬레이션을 활용하여 검토하였다.

실내음향제어의 주요 목표 및 내용으로는 다목적 공간으로 활용하기 위한 적정 잔향시간의 확보와 적절한 음향반사판 설계이다. 강당의 주요활용 용도는 시청각 교육, 발표회 및 강연이다. 강당의 용적은 약 3 600 ㎥으로 용도별, 용적별 적정잔향시간 기준[10]에 따라 만석시 500 ㎐의 잔향시간이 1.1 ~ 1.3초가 되도록 하였다. 또한 자연스럽고 명료한 음성의 전달을 위해 음성명료도 지표가 0.6 이상 되도록 하였다. 위의 실내음향 설계목표를 만족시키기 위해 실내 마감 재료를 검토하였다. Fig. 8은 음향시뮬레이션 모델이다.

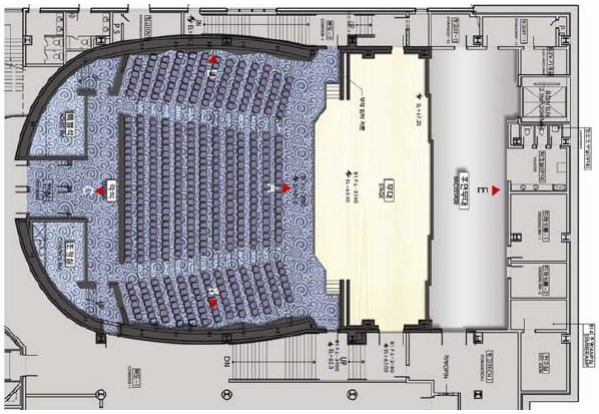

Fig. 7 Floor plan of multi purpose auditorium

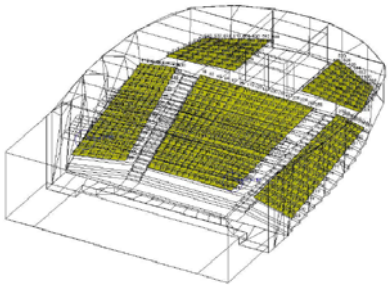

Fig. 8 3D model for the room acoustics simulation

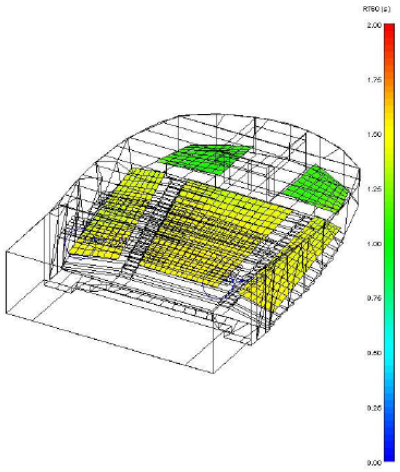

Fig. 9 Result of room acoustic simulation

음향시뮬레이션을 통해 도출된 음압감쇠패턴을 확인하여 마주보는 양측면벽의 사이 공간에서 발생되는 에코현상을 방지하기 위하여 측면에 부정형의 음향 반사판 등을 설계하였다. 반사판 내부는 그라스울(48 k, 50 ㎜)

을 충전하여 반사판의 진동 등에 의해 내부에서 2차적으로 발생되는 소리가 발생되지 않도록 하였다. 또한 천장 마감면에서의 강한 반사음 발생을 억제하기 위하여 천장은 흡음 뿜칠재를 적용하였다. Fig. 9는 음향시뮬레이션 수행결과의 예이다.

Table 1은 대상 강당의 설계목표치인 적정잔향시간 기준과 시뮬레이션 결과를 나타낸 것이다. 마감재 선정, 측면 및 반사판 등의 설계를 적용한 결과 Table 1에서와 같이 설계 목표치인 강연 등 다목적 공간에 적절한 잔향시간을 갖는 것으로 나타났다.

음성명료도(D-50) 검토 결과 천장의 흡음 뿜칠재 적용으로 500 ㎐ 대역의 D-50 값이 0.55 ~ 0.67의 값을 갖는 것으로 나타났다.

Table 1. Results of room acoustic simulation (RT)

[초]	125㎐	250㎐	500㎐	1㎑	2㎑	4㎑
기준치	1.6	1.3	1.1	1.1	1.1	0.9
예측값	1.79	1.36	1.01	0.91	0.83	0.78

4. 결 론

다목적 공간 및 공연장은 공연 또는 강연을 위한 공간뿐만 아니라 상점, 식당 및 체육 공간 등 다양한 용도의 공간이 인접되고 있다. 다양한 공간이 인접할 경우 기존의 다목적 공연장에서는 발생하지 않았던 다양한 소음 진동 문제들이 발생한다. 본 연구는 강연 및 공연을 위한 다목적 공간 상부에 식당 및 체육 시설로 활용되는 공간이 배치되어 바닥충격음 문제가 발생할 가능성이 있었다. 바닥충격음의 강당으로의 전달을 차단하기 위하여 기본 구조체에 대한 바닥충격음 차단성능을 측정하여 적절한 저감 대책을 수립하였다. 저감대책으로는 상층부 철골 슬래브와 강당의 철골 구조의 구조적 분리, 유연한 마감재 적용, 슬래브로의 충격진동 차단을 위한 제진재 적용, 이중천장 구조 및 천장내부 흡음구조 형성 등의 종합적인 대책을 수립하였다. 이를 통해 경량충격음 및 중량충격음을 효율적으로 차단하였다.

또한 강당 공간은 강연 및 집회의 공간으로 활용될 수 있도록 하기 위하여 적절한 잔향시간 및 음성 명료도 확보가 필요하다. 플러터 에코, 과도한 잔향시간, 음의 사각지대 등을 최소화하기 위하여 측벽 형태 개선, 천장 반사판 형태를 개선하였다. 또한 측벽에서 진동 등의 영향으로 발생되는 떨림현상을 억제하기 위하여 측벽 내부를 흡음재로 충전하는 등의 대책을 수립하여 적용하였다.

향후 다목적 공연장의 다른 용도의 공간과 인접하는 경우 바닥충격음 뿐만 아니라 다양한 설비 발생 소음 및 차음성능 확보 등의 문제가 발생될 것이다. 따라서 이와 같은 다용도 공간이 집적되는 건축물의 음향설계에 대한 절차 및 대안 수립 등이 필요하다.

참 고 문 헌

(1) J. J. Kim, J. H. Jeong and J. Y. Sohn, "Sound absorption characteristics and application effect of PTFE membrane material", Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering. Vol. 17, No. 4, pp. 342~349.

(2) H. K. Park, H. Kim and S. W. Kim, "Analysis of the acoustic evaluation factor depending on the in performance types multi-purpose halls", Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering. Vol. 16, No. 1, pp. 66~74.

(3) J. Y. Ryu, D. J. Sheen and J. Y. Jeon, "Application of 1/10 Scale Model for Acoustical Design of A Multi-purpose Hall", Transactions of the Architectural Institute of Korea. Vol. 20, No. 9, pp. 59~66.

(4) KS F 2810-1:2001 Field measurements of impact sound insulation of floors - Part 1 : Method using standard light impact source.

(5) KS F 2810-2:2001 Field measurements of impact sound insulation of floors - Part 2 : Method using standard heavy impact source.

(6) JIS A 1418-2:2000 Acoustics - Measurement of floor impact sound insulation of buildings - Part 2: Method using standard heavy impact sources.

(7) KS F 2863-1:2002 Rating of floor impact sound insulation for impact source in building and of building elements - Part 1 : Floor impact sound insulation against standard light impact source.

(8) KS F 2863-2:2002 Rating of floor impact sound insulation for impact source in building and of building elements - Part 2 : Floor impact sound insulation against standard heavy impact source.

(9) J. H. Jeong, 2004, "Floor impact noise classification based on subjective evaluations and comparisons of standard impact sources". Ph.D Dissertation, Hanyang Univ.

(10) Knudsen V. O., 1978, Acoustical designing in architecture, Acosut. Soc. of Am., New York.